

# Verfahren zur Kanalqualitätsschätzung und Ratenadaptation für den AMR Codec

## Zusammenfassung

Nach der Standardisierung des GSM Enhanced Fullrate (EFR) Sprachcodecs im Jahr 1996 wird nun ein neuartiger Sprachcodec, der sogenannte Adaptive Multirate (AMR) Sprachcodec als nächste Generation bei ETSI SMG11 standardisiert. Hauptziele des AMR-Codecs sind, Festnetzqualität der Sprache bei unterschiedlichen Kanalbedingungen zu erzielen und optimale Verteilung der Kanalkapazität zu gewährleisten. Der Codec soll unter guten Kanalbedingungen und/oder in hoch ausgelasteten Zellen im Halfrate (HR) Kanal arbeiten. Es soll unter schlechten Kanalbedingungen dynamisch mit Hilfe des GSM Intra-Cell Handover in den Fullrate (FR) Kanal wechseln, und umgekehrt. Innerhalb eines Kanalmodus (FR oder HR) stehen mehrere Codemodi (code mode) für unterschiedliche Sprach- und Kanalcodierungsraten zur Verfügung, die ebenfalls gemäß der Kanalqualität von einer zu anderen variiert (Ratenadaptation). Somit soll sich unter Berücksichtigung der wechselnden Kanalbedingungen die beste Sprachqualität ergeben.

Eine hinreichend genaue Schätzung der Kanalqualität spielt eine entscheidende Rolle bei der Variation der Modi (d.h. zwischen Kanalmodi FR und HR, und/oder zwischen Codemodi), daher auch beim ganzen AMR-Konzept. Idealweise sollte die wahrgenommene Sprachqualität als Kriterium für die Modus-Variation dienen. Möglichkeiten zur Herleitung so einer Metrik der Kanalqualität sind burstweise RxLev, RxQual im GSM-System, DTX Activation, Frequency Hopping Activation, bitweise/burstweise Kanalzustandsinformation CSI (*channel state information*) aus dem Entzerrer, Residual Error Rate des Kanaldecoders, Bad Frame Indicator (BFI), Error Concealment im Kanal- und/oder Sprachdecoder, etc.

In der vorliegenden Erfindung werden ein auf CSI aus dem Entzerrer basierendes Verfahren zur Kanalqualitätsschätzung und ein dementsprechendes Verfahren zur Ratenadaptation beschrieben. Dabei wird die Kanalqualität über eine bestimmte Anzahl von unsichersten Softbits ermittelt. Durch Einsatz dieser Verfahren bei unserem AMR Codec Proposal wurden gute Ergebnisse erzielt. Ein anderer Vorteil der direkten Schätzung der Kanalqualität anhand der CSI aus dem Entzerrer, d.h. vor dem Kanaldecoder, ist die kurze Verzögerung. Das Verfahren ist im Prinzip in allen Fällen, nicht nur beim GSM-System, anwendbar, wo die Softbits (z.B. aus Entzerrung) vorhanden sind.

## 1. Einleitung

Ziel der Ratenadaptation ist es die Bitrate des Sprachcoders an die Kanalqualität anzupassen, um somit die Sprachqualität zu verbessern. Bei einer guten Kanalqualität ist eine höhere Bitrate des Sprachcoders gleichbedeutend mit einer besseren Sprachqualität, bei gleichzeitig geringerem Fehlerschutz, da die zur Verfügung stehende Gesamtübertragungsbandbreite konstant ist. Bei schlechter Übertragungsqualität müssen jedoch mehr Bits für den Fehlerschutz spendiert werden, um die Bitfehlerrate zu reduzieren, da eine hohe Bitfehlerrate zu einer fehlerhaften Rekonstruktion des gesendeten Sprachsignals führen würde und daher zunehmend die Sprachqualität bestimmt.

A 9161  
06.80  
11/98

Aktenzeichen: 198 43 468.5

Keller

Im Auftrag

Der Präsident

Deutsches Patent- und Markenamt

München, den 20. August 1999

am 22. September 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.  
Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüngli-  
chen Unterlage dieser Patentanmeldung.  
Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole  
H 04 B und H 03 H der internationalen Patentklassifikation erhalten.

"Verfahren zur Kanalqualitäts-schätzung und Raten-  
adaptation für den AMR Codec"

unter der Bezeichnung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung

# Bescheinigung



DE 99/2737

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

WIPO	PCT
REC'D 26 NOV 1999	

Die Übertragungsqualität von Mobilfunkkanälen wird im allgemeinen durch das *Short-Term Fading* (schnelle Änderung der Empfangsleistung innerhalb von einigen Millisekunden) und *Long-Term Fading* (die mittlere Empfangsleistung ändert sich sehr langsam innerhalb von einige Sekunden) bestimmt. Das Short-Term Fading wird i.a. durch Reflexionen, Brechung und Interferenzen verursacht bei ansonsten konstanter räumlicher Umgebung. Abschattung durch langsame Änderung der geographischen Umgebung, hervorgerufen durch die Bewegung der einzelnen Mobilfunkteilnehmer, führt zum Long-Term Fading.

Die Rate des Sprachcoders wird auf den langsamen Signalschwund hin angepaßt, d.h. auf das Long-Term Fading, da der Einfluß des Short-Term Fadings durch *Interleaving* reduziert werden kann. Um aber diese Ratenanpassung durchführen zu können, muß der Verlauf des langsamen Signalschwunds geschätzt werden. In den nachfolgenden Ausführungen werden die einzelnen Module für die Kanalschätzung und Ratenadaptation näher vorgestellt.

## 2. Blockschaltbild

Im nachfolgendem Blockschaltbild sind die wichtigsten Module für die Kanalschätzung des Long-Term Fadings und der dynamischen Ratenadaptation dargestellt, mit

- CSI Generator
- Tiefpaßfilter
- Metrik Generator
- BS control unit für die Sprachmodengenerierung

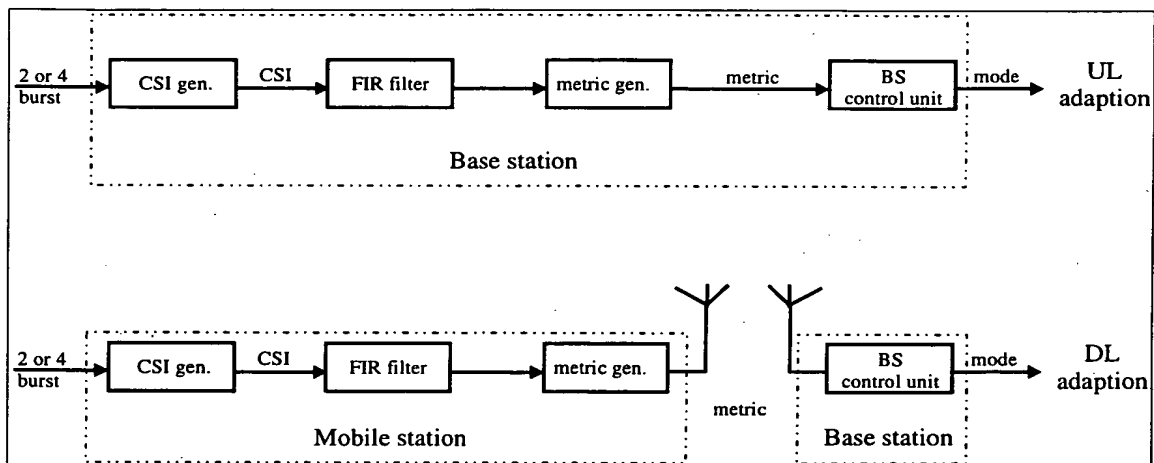


Abbildung 1: Blockschaltbild der Kanalschätzung und Ratenadaptation

## 3. CSI Generator

Der CSI (*channel state information*) Generator schätzt das Short-Term Fading des Kanals, d.h. die Übertragungsqualität der einzelnen Burst wird ermittelt. Diese Schätzung wird nach jedem empfangenem Sprachrahmen (z.B. alle 20 ms) durchgeführt, wobei nur die Softbits  $L_i$  des Entzerrers für die Schätzung verwendet werden. Von jedem empfangenen und entzerrten Burst (114 Softbits) wird ein Mittelwert nur über eine bestimmte Anzahl (10 bei uns in der Simulation) der unsichersten Softbits (Bits mit kleinstem Betrag) berechnet und nicht z.B. über alle Bits. Untersuchungen haben gezeigt, daß Bursts von sehr schlechter Qualität noch

sehr viele Softbits enthalten, die eine sehr hohe Zuverlässigkeit (großer Betrag) besitzen und somit die Auflösung der Kanalschätzung verringern würde. Diese Eigenschaft soll in den Abbildungen 2 und 3(a)/3(b) demonstriert werden, wobei in den Abbildungen 3(a)/3(b) der Ausgang des CSI Generators bereits durch das FIR Tiefpaßfilter gefiltert wurde.

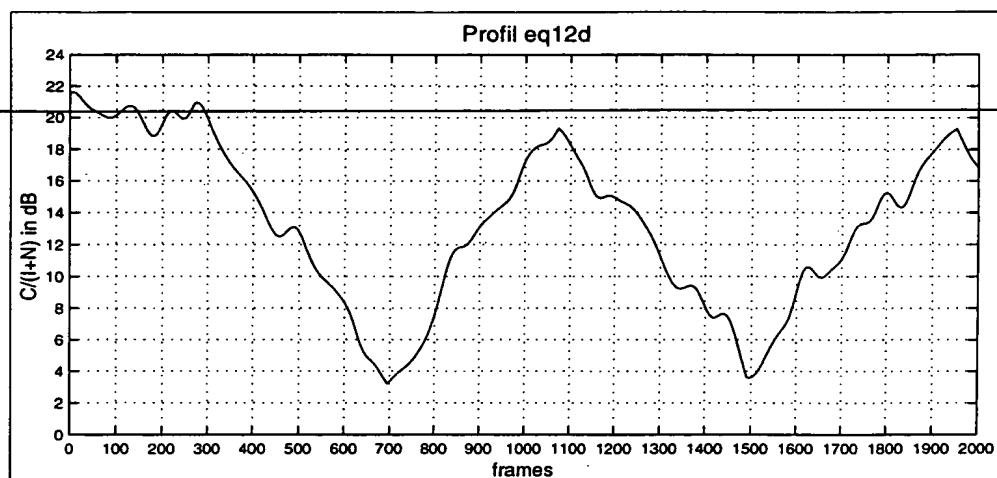
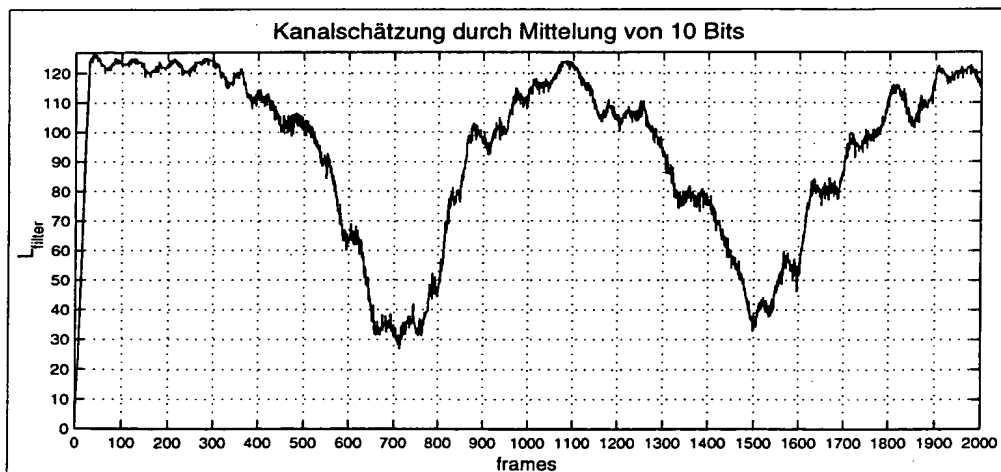
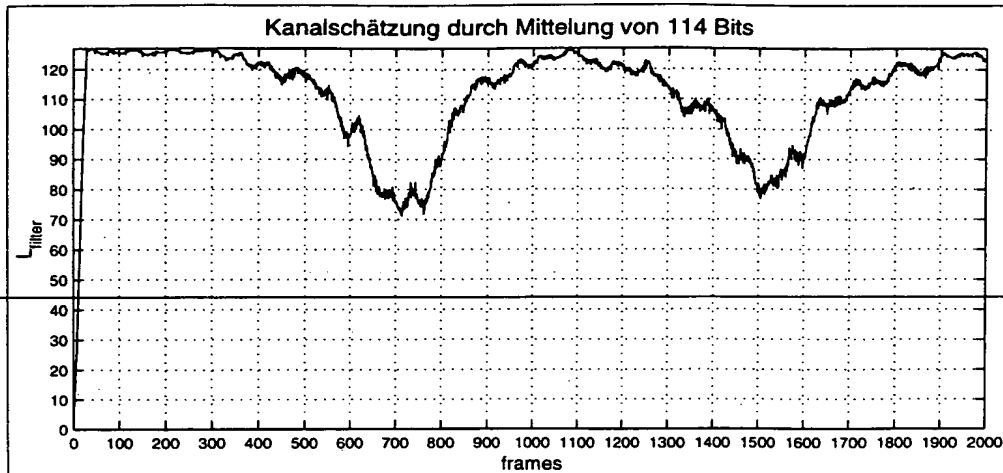


Abbildung 2: Gemessene Verlauf des Long-Term Fadings für Profil eq12d. (50 Rahmen  $\equiv$  1s)



(a)



(b)

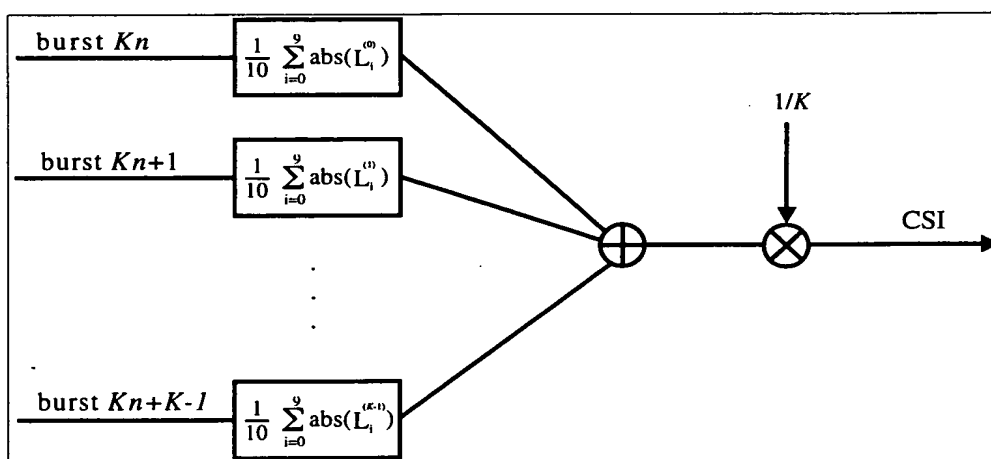
**Abbildung 3:** Vergleich der Kanalschätzung bei Verwendung von unterschiedlich vielen Softbits für die Berechnung der CSI

(a) Verwendung von 10 Softbits für die Berechnung der CSI

(b) Verwendung von 114 Softbits für die Berechnung der CSI

Aus Abbildung 3(a) und 3(b) erkennt man, daß sich unabhängig von der Anzahl der zur Berechnung der CSI verwendeten Softbits der gleiche geschätzte Verlauf ergibt, wobei der Dynamikbereich in Abbildung 3(b) deutlich kleiner ist, als in Abbildung 3(a).

Im Weiteren werden die gemittelte CSI Werte von  $K$  Bursts (aus jeweils  $K$  Bursts setzt sich ein Sprachrahmen zusammen) aufsummiert und an das Tiefpaßfilter weiter gegeben. Je nach Art des Sendemodus wird  $K=4$  (Fullrate, FR) bzw.  $K=2$  (Halfrate, HR) gesetzt. Der Wertebereich des CSI Generators liefert ganze Zahlen zwischen 0 und 127. Eine Übersicht der CSI Generierung ist nochmals in Abbildung 4 zusammengefaßt.



**Abbildung 4:** Blockdiagramm des CSI Generators

Da es unnötig ist alle Bits zu sortieren, wird eine aufwandsgünstige Implementierung der CSI Generierung nachfolgend angegeben:

- Die Softbits des Entzerrers werden mit 8 bit quantisiert  
→ die Zuverlässigkeitsinformation ist in 128 Stufen eingeteilt  
→ für die Sortierung der Bits wird daher ein temporäres Feld `sort` der Größe 128 angelegt
- In einem 1. Durchlauf wird die Anzahl der Bits mit einer bestimmten Zuverlässigkeit ermittelt und entsprechend im Feld `sort` abgelegt. Der Index des Feldes `sort` repräsentiert die Zuverlässigkeit und der Inhalt dieses Feldes die Anzahl der vorhandenen Bits mit dieser Zuverlässigkeit.

---

`sort[10] = 12` bedeutet, daß es 12 Bits mit einer Zuverlässigkeit von 10 gibt.

- In einem 2. Durchlauf werden beginnend von Index 0 die ersten 10 Bits mit ihren Zuverlässigkeit aufsummiert.

#### C Programmcode:

```

Word16 num_to_compute=10;
Word16 sort[128];

/* Initialisierung */
for(n=0;n<128;n++)
    sort[n] = 0;

/* Bits mit bestimmter Zuverlässigkeit zählen */
for(n=0;n<114;n++)
    sort[ abs(burst[n]) ]++;

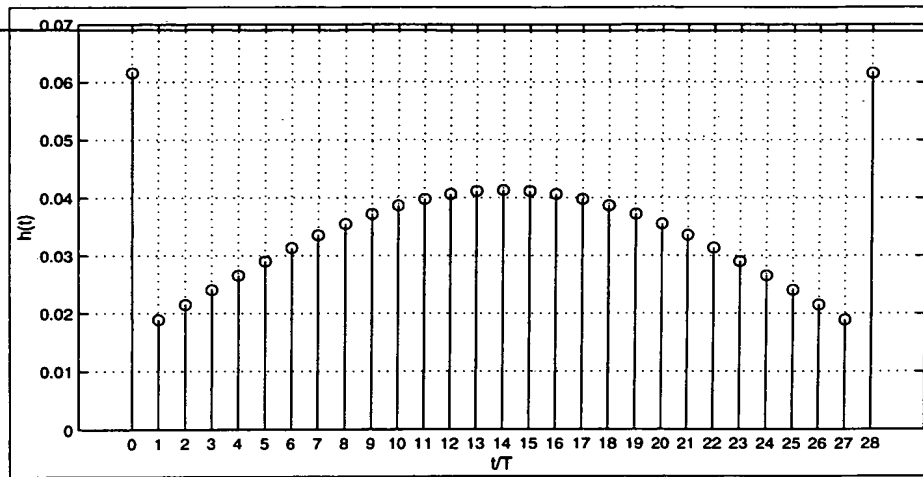
n=0; summe=0;
while(1){
    if(sort[n]==0)      /* kein Bit mit Zuverlässigkeit n vorhanden */
        n++;
    else{
        if(sort[n]<num_to_compute){
            summe += sort[n]*n;
            num_to_compute -= sort[n]; /*Anzahl der noch zu berechnenden
                                         Bits ermitteln*/
            n++;
        }
        else{
            summe += num_to_compute*n;
            break;
        }
    }
}

```

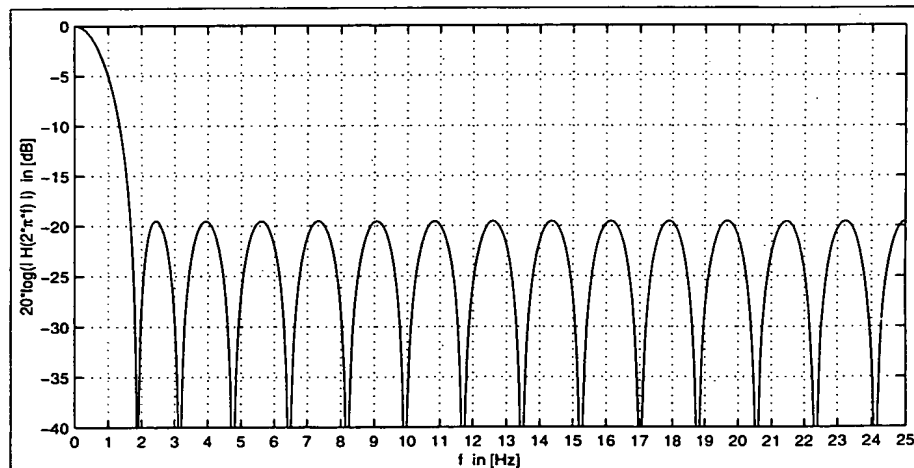
## 4. Tiefpaßfilter

Der Ausgang des CSI Generators ist annähernd proportional zum Short-Term Fading des Mobilfunkkanals. Die sich daraus ergebenden starken Schwankungen der CSI können durch ein Tiefpaßfilter beseitigt werden. Eine einfache Mittelung der CSI über mehrere Rahmen würde zu keinem befriedigendem Ergebnis führen, da immer noch starke Störimpulse auftreten würden was somit eine fehlerhafte Ratenanpassung zur Folge hätte. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, daß eine einfache Mittelwertbildung ein sehr schlechtes Tiefpaßfilter darstellt. Aus diesem Grund wurde auf eine Mittelwertbildung verzichtet und statt dessen ein Tiefpaßfilter mit folgenden Spezifikationen entworfen.

- Filtertyp: FIR equiripple Tiefpaßfilter (konstanter Sperrbereich)
- Filterordnung: 28
- Abtastrate: 50 Hz
- Durchlaßbereich: 0.2 Hz
- Sperrbereich: 1.8 Hz bei 20 dB Dämpfung



(a)



(b)

Abbildung 5: (a) Impulsantwort und (b) Frequenzgang des FIR Tiefpaß Filters

Der Filterausgang liegt ebenfalls im Bereich zwischen 0 (sehr schlechte Kanalqualität) und 127 (sehr gute Kanalqualität) und ist proportional zum Long-Term Fading des Mobilfunkkanals (vgl. auch Abbildung 2 mit 3(a)). Die Impulsantwort und der Frequenzgang des FIR Filters sind in den Abbildungen 5(a) und 5(b) zu sehen.

Prinzipiell sind auch andere Tiefpaß Filtertypen, wie z.B. Butterworth, Chebyshev, IIR etc., möglich.

## 5. Metrik Generator

Der Metrik Generator wandelt den gefilterten Ausgang durch Schwellenwert-Vergleich in einen 2 bit Wert um. Abbildung 6 demonstriert die Umwandlung der gefilterten CSI in eine Gray-codierte 2 bit Metrik, wobei die Metrik folgendermaßen gewählt wird:

- Wenn  $L_{\text{filt}} > B \rightarrow \text{metric}=3$  [10] (sehr gute Kanalqualität)
- Wenn  $B > L_{\text{filt}} > A \rightarrow \text{metric}=2$  [11] (gute Kanalqualität)
- Wenn  $A > L_{\text{filt}} > C \rightarrow \text{metric}=1$  [01] (schlechte Kanalqualität)
- Wenn  $L_{\text{filt}} < C \rightarrow \text{metric}=0$  [00] (sehr schlechte Kanalqualität)

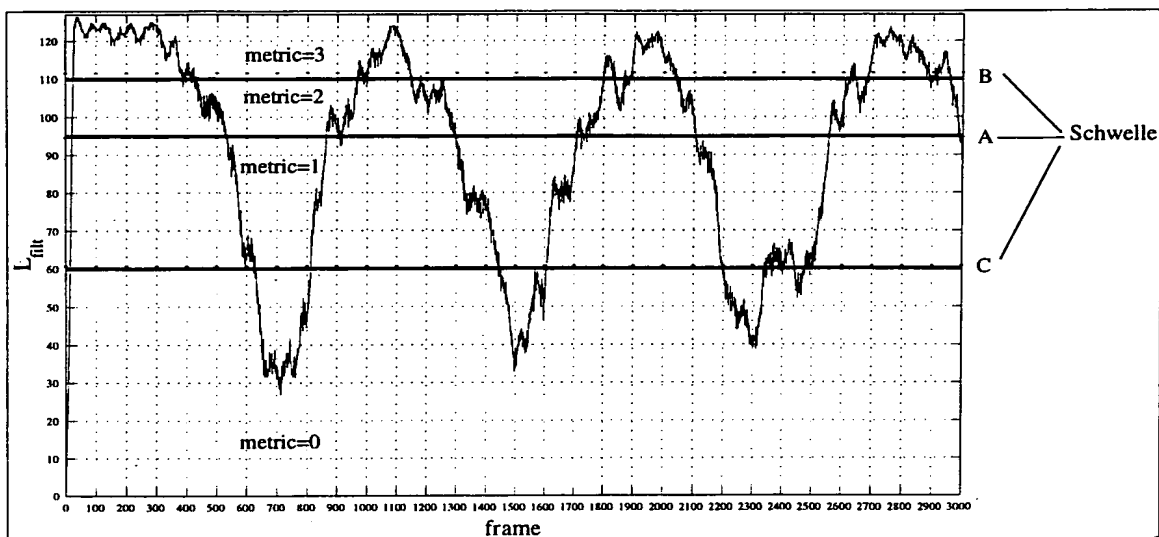


Abbildung 6: Umwandlung der gefilterten CSI in eine 2 bit Metrik

Je nach Ausgangswert des Filters und der eingestellten Umschaltsschwellen A, B und C wird ein 2 bit Zahl für die Metrik ausgewählt. Die Umwandlung in eine 2 bit Metrik ist nötig, da die Ratenadaptation des Downlinks (DL; von der Mobilstation MS zur Basisstation BS) in der BS gesteuert wird und diese eine Information über die DL Qualität benötigt. Zur Übertragung dieser Information stehen aber nur sehr wenige Bits zur Verfügung (z.B. eine Übertragung des Filterausgangs  $L_{\text{filt}}$  würde damit zu grob quantisiert werden), bzw. diese Information müßte aus Gründen einer feineren Quantisierung auf mehrere Rahmen aufgeteilt werden, was wiederum die Umschaltverzögerung deutlich erhöhen würde. In den hier vorliegenden Fall kann die Sprachrate nach jedem Sprachrahmen umgeschaltet werden.

Die frei wählbaren und sowohl in der BS als auch in der MS bekannten Umschaltsschwellen A, B und C geben den Bereich an, ab wann die Sprachrate umgeschaltet werden soll. Sie haben folgende Bedeutung:

- Schwelle A: Umschaltung von der höchsten Sprachrate zur mittleren Sprachrate
- Schwelle B: Umschaltung von der mittleren Sprachrate zur höchsten Sprachrate
- Schwelle C: Umschaltung von der mittleren Sprachrate zur niedrigsten Sprachrate und umgekehrt



Wird für die Schwelle B ein höherer Wert gewählt, als für die Schwelle A, so ergibt sich eine Hysterese für den Umschaltvorgang, d.h. die Kanalqualität für die Umschaltung von der mittleren zur höchsten Rate muß besser sein, als bei der Umschaltung von der mittleren zur höchsten Rate. Dadurch wird ein ständiges Umschalten zwischen diesen zwei Raten verhindert, wenn die Kanalqualität im Bereich der Umschaltsschwellen schwankt.

## 6. BS Control Unit

Die BS control unit befindet sich sowohl für die DL Adaptation als auch für die UL Adaptation nur in der BS und entscheidet allein aufgrund der empfangenen bzw. berechneten Metrik über die Sprachraten im DL und UL. Die Arbeitsweise der BS unit control ist für die Adaptation des DL- und UL die gleiche und wie folgt:

- Die aktuelle Metrik und die letzten 7 Metriken werden aufsummiert und abhängig von der Summe wird eine Sprachrate gewählt. Diese wird als gesendete DL\_RATE oder als angeforderte UL\_REQ\_RATE Inband (mit den Sprachbits) zur MS übertragen. Die MS dagegen überträgt die gesendete UL Rate als UL\_RATE und die Metrik zur BS.
- Aufeinanderfolgende Mertriaken und Sprachraten dürfen sich dabei nur um eine Stufe ändern, d.h. nach einer Metrik von 3 kann nur wieder eine Metrik von 3 oder 2 folgen. Dies kann als a-priori Information ausgenützt werden um Übertragungsfehler und damit sehr störende Sprachmodulsfehler zu minimieren.

Die beschriebenen Module CSI Generator, FIR Filter und Metrik Generator sind in der BS wie auch in der MS identisch vorhanden und sind nur geringfügig unterschiedlich für den FR (*Fullrate*) und HR (*Halftrate*) Modus. Nur im Falle der DL Adaptation muß die Metrik an die BS übertragen werden, die UL Adaptation läuft dagegen komplett in der BS ab.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**